

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑬ 公開特許公報(A) 平1-158365

⑭ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑮ 公開 平成1年(1989)6月21日

G 01 R 15/02
H 01 F 40/06

G-7359-2G
7354-5E

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全9頁)

⑯ 発明の名称 小電流検出方法およびその装置

⑰ 特 願 昭63-116192

⑱ 出 願 昭63(1988)5月13日

優先権主張 ⑲ 昭62(1987)9月24日 ⑳ 日本(JP) ㉑ 特願 昭62-239181

⑳ 発 明 者 勝 山 昭 史 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

㉒ 出 願 人 富士電機株式会社 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

㉓ 代 理 人 弁理士 山口 巖

明 細 書

1. 発明の名称 小電流検出方法およびその装置

2. 特許請求の範囲

1) 磁気ヒステリシス曲線が角形特性を示す高透磁率材料を用いて閉磁路を形成した筒状鉄心の中心孔を通る導体に流れる小電流によって前記鉄心に生ずる磁界の強さを変化させ、前記鉄心に巻回した検出コイルの誘起電圧から前記小電流を検出する方法であって、以下の手順により行なうことを特徴とする小電流検出方法。

i) 前記鉄心をその磁気ヒステリシス曲線における正側の最大磁界をほぼ飽和する点、負側の最大磁界を保磁力の点を通る直線部分まで高周波励磁しておく、

ii) この励磁状態で前記鉄心に前記導体の小電流による磁界を加え、高周波励磁された負側の最大磁界を前記ヒステリシス曲線の直線部上で僅かに移動させることにより前記鉄心の磁束密度を大きく変化させる、

iii) 前記高周波励磁によって生ずる磁束と前記導

体の小電流によって生ずる磁束とが重畳した前記鉄心の全磁束の誘起電圧を検出した後、この誘起電圧から前記導体の小電流の誘起電圧分を分離する。

2) 磁気ヒステリシス曲線が角形特性を示す高透磁率材料を用いて閉磁路を形成した筒状鉄心の中心孔を通る導体に流れる小電流によって前記鉄心に生ずる磁界の強さを変化させ、前記鉄心に巻回した検出コイルの誘起電圧から前記小電流を検出する装置であって、

i) 前記鉄心の中心孔を通して肉厚部に巻回した高周波励磁コイルを、前記鉄心に生ずる正負両磁界を所定の大きさに設定する制御回路を介して高周波電源に接続した高周波励磁部、

ii) 前記高周波励磁コイルとは別に前記鉄心の中心孔を通して肉厚部¹⁵に巻回した検出コイルに接続され、前記高周波励磁部によって生ずる磁束と前記導体の小電流によって生ずる磁束とが重畳した全磁束を検出した後前記導体の小電流の誘起電圧分を分離する回路を有する出力部、

etc

JA 1151367

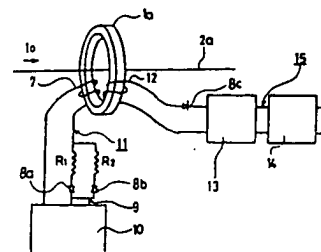
JUN 1989

(54) METHOD AND APPARATUS FOR DETECTING SMALL CURRENT

(11) 1-158365 (A) (43) 21.6.1989 (19) JP
 (21) Appl. No. 63-116192 (22) 13.5.1988 (33) JP (31) 87p.239181 (32) 24.9.1987
 (71) FUJI ELECTRIC CO LTD (72) TERUSHI KATSUYAMA
 (51) Int. Cl. G01R15/02, H01F40/06

PURPOSE: To enhance sensitivity and accuracy, by detecting the small current of the conductor passing through the center hole of a cylindrical iron core using a high permeability material whose magnetic hysteresis curve has a square-shaped characteristic from the induced voltage of the detection coil wound around the iron core.

CONSTITUTION: An iron core 1a composed of a high permeability material is formed into a closed magnetic path and the conductor 2a passing through the center hole of the iron core 1a is connected between the power supply of an apparatus to be detected and load. The high frequency exciting coil 7 connected to a high frequency power supply 10 through a control circuit 9 and the detection coil 12 connected to an output part 15 are wound around the iron core 1a through a control circuit 9. The exciting current of a high frequency exciting part 11 is set to the linear inclined part in the vicinity of the coercive force of the magnetic hysteresis curve of the iron core 1a and, when a small magnetic field is applied by a conductor 2a, large change is imparted to a magnetic field and large voltage is induced in the coil 12. Therefore, a small current can be detected with high sensitivity and high accuracy.



8a-8c: rectifier, 13: low band filter, 14: DC removing device

R_1 が小さいと高周波励磁電流1が被検出電流10の大きさによって変るから、抵抗 R_1, R_2 のインピーダンスは高周波励磁コイル7のインピーダンスの2倍以上とするのがよい。

このとき鉄心1aに加わる磁束、磁界は第3図における $B_1(H_1), B_2(-H_1), B_3(H_2)$ の順に矢印方向に変化するヒステリシス曲線Aを画き、検出コイル12に電圧が誘起している。その電圧波形を第5図(a)に示す。次に導体2aに交流正弦波電流が流れると、この電流10によって正側に磁界 ΔH 、負側は磁界 $-\Delta H$ が発生し、その磁界波形は第5図(b)である。そして $\Delta H, -\Delta H$ に対応して磁束が正負両方向にそれぞれ ΔB 変化し、磁気ヒステリシス曲線は、正側 ΔH は第3図において点線の矢印で示したCのループとなり、負側 $-\Delta H$ は一点鎖線の矢印で示したDのループを画く、誘起電圧は ΔH が正方向では小さく、負方向では大きくなり、電圧波形は第5図(c)に示したように変調波になる。なお第5図の横軸はいずれも(a)(b)(c)に共通な時間軸としてある。

第5図(d)の波形から出力部15の低域濾波器13で高周波分、直流除去器14で直流分を除くことにより、検出電流波形を正確に再現して求めることができる。したがって本発明によれば以上の作動原理から明らかなように、歪波形、矩形波などいかなる波形をもつ小電流に対しても検出可能である。

本発明は鉄心1aの磁気ヒステリシス曲線の第2象限と第3象限の間の直線部分、第3図では $B_1 \sim -B_2$ の磁束が磁界の僅かな変化で大きく変ることを利用しているが、鉄心1aのこの磁気特性の有効な使い方は、前に述べた高周波励磁により得られ基準となるヒステリシス曲線Aを定める磁界を、検出電流が小さいときは ΔB が直線部を外れない範囲で B_1 にできるだけ近くなるように設定するのがよい。このようにすると高周波励磁により常時誘起する電圧を低くすることができるので、この誘起電圧と検出電流10による誘起電圧との比が大きくなって検出精度が向上し、鉄心1aの損失も低いという点で有利である。また基準となるAループの磁界を $-H_c$ すなわち鉄心1aの $B=0$ の

保磁力に設定すると、そのとき検出可能な電流値が本発明における検出限界電流である。

高周波励磁電流1の波形は第4図に示したように正弦波として説明したが、ほかの波形であっても差し支えない。この電流1の正負の値の設定は、別に直流バイアスを加えてもよく、例えば高周波電源10にオフセットを加えて第6図のように点線で示したはじめの零点を実線まで移動するなどの方法をとってもよい。第6図のようにすると制御回路9の整流器8a, 8bや抵抗 R_1, R_2 などの使用量を減らすことができる。

高周波励磁電流1の周波数は原理的には高いほどよいが、実用上は被検出電流の周波数とその高周波成分、要求される検出精度、鉄心材料の周波数特性などを考慮して決めなければならない。この周波数は商用周波¹⁰⁰の電流を検出するときは5kHz程度、高次の周波数成分を含む場合は20kHz程度である。鉄心1aの磁気特性は既に述べた第3図から明らかなように、高周波電流の磁化に対してヒステリシス曲線の角形性が良好であり、磁束密度

の絶対値が大きく、保持力の小さいものであることが必要である。

これまで被検出電流10が交流の場合について述べてきたが、出力部15の回路を変えることにより直流を検出することも可能である。第7図はその要部回路構成図を示したものであり、導体2aと高周波励磁部11は第1図と同じであるから図示を省略し、第7図により回路構成を作用とともに述べる。図示していない導体2aに被検出電流が流れていない状態で、図示していない高周波励磁部11による検出コイル12の誘起電圧を整流器8c、低域濾波器13aで正の成分として、差動増幅器16の①端子に入力し、この電圧と同じ値の基準電圧を直流電源17により差動増幅器16の②端子に入力することにより差動増幅器16の出力は0になる。次に図示していない導体2aに正の電流が流れると、検出コイル12の誘起電圧は小さくなり、基準電圧との差は負の値になるが、差動増幅器16の出力は正負が逆転されるので、差動増幅器16には被検出電流に比例した正の電圧が得られる。被検出電流が負の場合

もこれと同様の原理で電流に比例した負電圧を得ることができる。かくして本発明によれば被検出電流が直流のみ、直流と交流の重なったとき、交流のみのいずれかの場合でも検出することができる。なお直流のみ検出するときは第7図の低域濾波器13aの部分平滑回路に変えてもよい。

以上本発明の方法を用いた小電流検出装置の構成と作動について基本的な事項を説明したが、次に本発明の具体的な事例を再び第1図、第3図を参照して述べる。鉄心1aは重量%で82.0C₀-2.0Ni-4.5Fe-8.5Si-3.0Bの組成を有し、所定の熱処理を行なったC₀系アモルファス合金薄帯を用いてこれを円筒状の巻鉄心として形成した。このアモルファス合金は磁気特性がすぐれている上に、磁歪が非常に小さいために、磁気特性に対する応力の影響が非常に小さく、取り扱いが容易であり、鉄心1aとして用いるには好適である。鉄心1aの寸法は外径20mm、内径15mm、高さ(薄帯の幅)2mmである。導体2aは直径2mmの銅線を用いた。高周波励磁コイル7および検出コイル12

はいずれも直径0.1mmのホルマール絶縁銅線を用いて鉄心1aの肉厚部にそれぞれ20回、40回巻回して作製した。高周波励磁コイル7の高周波電流は小さいので、この程度の銅線を用いても十分である。高周波励磁電流は正弦波100kHzであり、負側の磁界は第3図のB₀に対応する磁界-H₀より負方向に約3A/mm移動した点に設定した。なお被検出電流が正弦波における実効値30mAの場合の第3図のΔHの絶対値はほぼ2.4A/mmとなる。検出コイル12の誘起電圧は、整流器8cで磁束が負方向に変化する場合の誘起電圧の正成分のみとした後、遮断周波数が1kHzの低域濾波器13を通して高周波分を除き、直流除去器14により、直流分を除いた。なお直流除去器14にはコンデンサを使用した。検出コイル12の誘起電圧は正負の両側を用いて出力を2倍にすることも可能であるが、ここでは正側分のみを用いた。

次に以上のようにして本発明により交流50Hzの正弦波電流実効値0.5mAを検出したときの出力波形と被検出電流の原波形を第8図に示す。同様に

交流50Hzの矩形波電流(最大値0.7mA)を検出した場合の波形を第9図に示した。第8図、第9図とも出力波形は被検出電流の原波形と全く同じであり、第9図からはとくにこのような小電流でしかも多くの高周波成分を有する波形に対しても正確に検出できることがわかる。第10図は交流50Hzの正弦波電流を検出する場合に得られる出力電圧に対して被検出電流値との関係を求めた線図である。第10図には比較のために従来の例えば第11図の鉄心1に商品名パーマロイを用い、鉄心1、導体2の寸法を前に述べた本発明のものと同じにして検出コイル3の巻回数を1000回とした場合の出力特性も併記してある。第10図において実線の特性線が本発明を表わし、点線の特性線が従来の場合を表わしている。第10図からわかるように、イ、両特性線とも非常によい直線性を示すが、本発明の方が高い出力電圧が得られ、検出コイルの巻数は1/25であるにも拘らず出力は約9倍にもなる。本発明による装置の出力は検出コイルの巻数に比例するので、従来の装置と同様に1000回にす

れば出力を25倍にすることもできる。しかし本発明では鉄心1aの外径寸法が従来と同じであっても高周波励磁コイル7と検出コイル12の巻数は少くて済み、しかも高い出力が得られる所から小型化が可能となるものであるから、コイル部の巻数を増してさらに高い出力を得ようとするのは小型化の指向に反する。したがってこのような場合、実用的には検出コイル12の巻数は簡易な電子回路で増幅できる程度として所望の電圧まで増幅するのが好ましい。

次に本発明装置と従来装置の鉄心を含むコイル巻線後の寸法比較の1例を第1表に示す。巻線の径(0.1mm)と鉄心寸法は両者に共通である。

第1表

	鉄心(mm)			巻線後(mm)			組立後巻線回数(回)
	外径	内径	高さ	外径	内径	高さ	
本発明装置	20	15	2	22	13	4	40, 20
従来装置	20	15	2	26	8	9	1,000

本発明装置は第1表のように従来と同じ寸法の

鉄心を用いても両コイルの巻回数が少ないので鉄心の外周からはみ出す巻線の部分が少なく、巻線後のはみ出し部分の外径としては従来に比べてかなり小さくなる。また鉄心内径側も本発明の方が巻線によって占められる領域が少なく、内径が大きくとれるので、本発明では検出感度、巻線径などを考慮して導体を通すことができる範囲で鉄心の中心孔を小さくすることができる。

また本発明では以上と同様の原理に基づき、 $1\mu\text{A} \sim 1\text{mA}$ 程度のさらに小さい電流を検出することも可能である。第11図はその装置の要部構成を示した模式図であり、第1図と共通部分を同一符号で表わしてある。第11図が第1図と異なる所は導体2bが鉄心1bの中心孔を通過して鉄心1bの肉厚部に巻回した励磁コイル2cを形成していることであり、その他は第1図と同じである。また被検出電流の検出方法も原理的にこれまで述べてきたのと同じであるから、それらの説明は省略する。

次に第11図の装置の鉄心1bに関する寸法例と出力特性について述べる。鉄心1bの原寸法は外径12

mm、内径10mm、高さ2mmであり、巻線後は巻線部を含めて外径14mm、内径7mm、高さ4mmである。巻線部はいずれも直径0.1mmのホルマール絶縁銅線を用いて鉄心1bの肉厚部に励磁コイル2c、高周波励磁コイル7、検出コイル12をそれぞれ50回、30回、200回巻回したものである。この装置により交流50Hzの正弦波電流検出電流実効値 $4\mu\text{A}$ を検出したときの出力波形と被検出電流の原波形を第12図に示す。同様に交流50Hzの三角波電流（最大値 $5.6\mu\text{A}$ ）を検出した場合の波形を第13図に示した。第12図、第13図は前に述べた第8図、第9図に対応するものであり、第12図、第13図から出力波形は被検出電流の原波形とよく一致しており、このような微小電流に対しても正確に検出できることがわかる。第14図は前述の第10図に対応するものであり、第11図の装置について交流50Hzの正弦波電流を検出する場合に得られる出力電圧に対して被検出電流値との関係を求めた線図であるが出力特性は非常によい直線性を示している。

例えば従来装置を用いて各コイルの巻回数を同

じにして巻線後の鉄心寸法を第11図の装置と同様にしても、検出可能な電流値は $100\mu\text{A}$ 程度が限界であることから、小型形状を保持したまま数 μA という微小電流を検出することができる本発明の有効性が十分認識される。

なお前にも述べたように本発明の小電流検出装置は1本の導体を用いたものとして説明してきたが上述のごとく被検出電流と出力電圧との間に波形の一致やよい直線性が得られることから、本発明の装置は2本ないし3本の導体の差電流を用いる電流検出機器への適用も勿論十分に可能であり、その他にも必要に応じて広範囲に利用することができるものである。

(発明の効果)

従来、小電流の検出装置は例えば零相変流器のように、検出コイルによる鉄心の磁化力が弱く、誘起電圧が小さいので、小電流を高感度に精度よく検出するにはなお十分でなく、またコイル巻線の巻回数を多くしなければならないので、巻線部の外径寸法を小さくすることができなかったのに

対し、本発明によれば実施例で説明したごとく、鉄心の角形磁気特性の微分透磁率の大きい点に磁界を設定する高周波励磁コイルを検出コイルとは別に設けて鉄心を磁化し、より短時間に小さな磁界変化で大きな磁束変化を起こさせ、高周波励磁による誘起電圧を検出コイルに誘起する電圧に重ねて、この重畳された電圧から高調波分、直流分を除去することにより得られる出力電圧波形と被検出電流波形が同じになるようにしたため、交流正弦波電流に限ることなく、直流やその値様かなる波形をもつ被検出電流に対しても、従来に比べてさらに微小な電流まで正確に検出することができ、しかも励磁コイル、検出コイルとも巻回数が従来より少なく済ませることができるので、巻線による寸法増はほとんどなく、鉄心の小型化も可能となる。

これらのことから、本発明による装置は零相変流器は勿論、その他の電流検出機器に適用するとき、小型で高感度、高速の機能を果たす小電流検出装置として有用なものである。

特開平1-158365 (7)

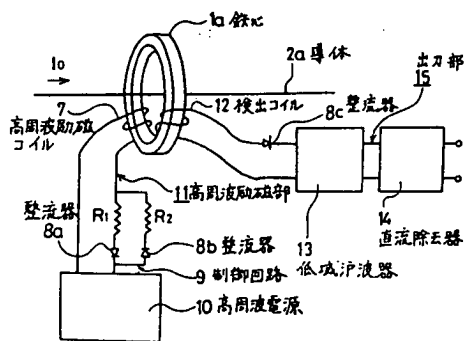
4. 図面の簡単な説明

第1圖は本發明による裝置の要部構成を示した模式圖、第2圖は鉄心材料の磁氣ヒステリシス曲線の形を示した概念圖、第3圖は第2圖の拡大圖、第4圖は高周波勵磁電流の波形圖、第5圖は高周波勵磁したときの検出コイルの誘起電圧の波形圖、さらに検出電流が流れたときの磁界波形圖と誘起電圧波形圖、第6圖は第4圖とは異なる高周波勵磁電流波形圖、第7圖は第1圖とは異なる出力部の回路構成圖、第8圖は本發明裝置による出力電圧と検出した交流正弦波電流の波形圖、第9圖は同じく出力電圧と検出した交流矩形波電流の波形圖、第10圖は同じく出力電圧と検出した交流正弦波電流値との關係線圖、第11圖は第1圖とは別の本發明による裝置の要部構成を示した模式圖、第12圖は第11圖の裝置による出力電圧と検出した交流正弦波電流の波形圖、第13圖は同じく出力電圧と検出した交流三角波電流の波形圖、第14圖は同じく出力電圧と検出した交流正弦波電流値との關係線圖、第15圖は従来の零相変換器の作動を説

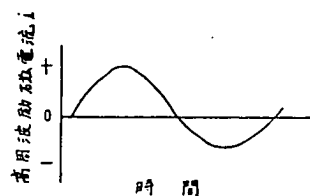
明するための要部構成を示した模式図、第16図は第15図の鉄心材料の磁化曲線の形を示した概念図である。

1, 1a, 1b: 鉄心、2, 2a, 2b: 導体、2c: 励磁コイル、3, 12: 検出コイル、7: 高周波励磁コイル、8a, 8b, 8c: 整流器、9: 制御回路、10: 高周波電源、11: 高周波励磁部、13, 13a: 低域濾波器、14: 直流除去器、15: 出力部、16: 差動増幅器、17: 直流電源。

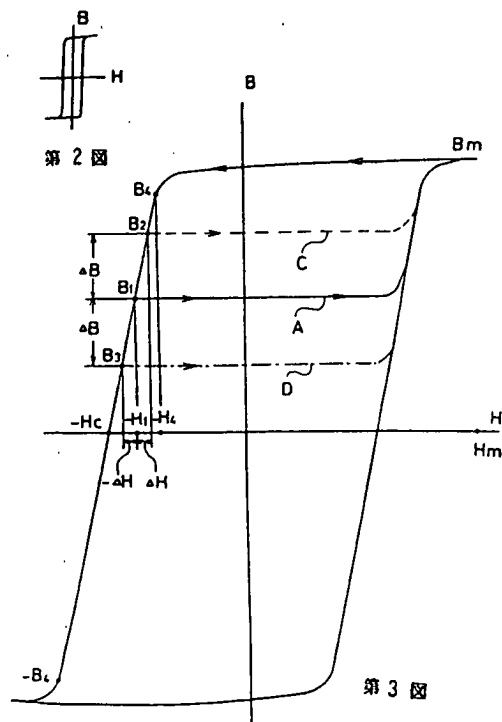
代理人舟屋士 山 口 森



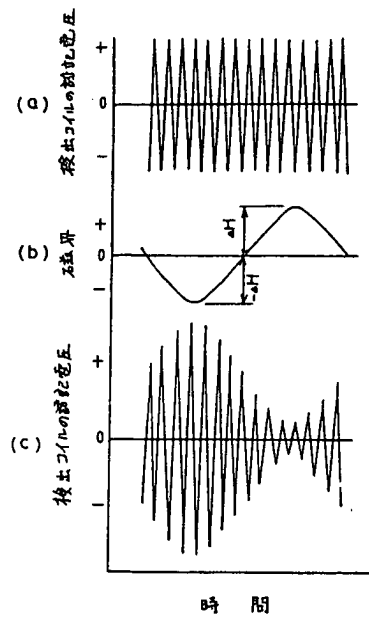
第 1 圖



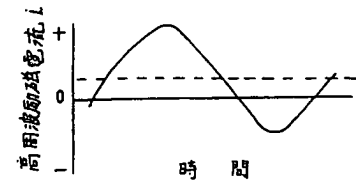
第 4 题



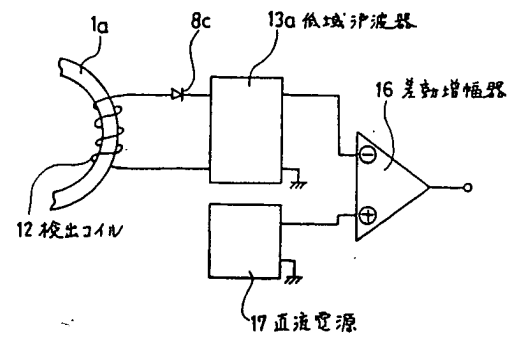
第 3 区



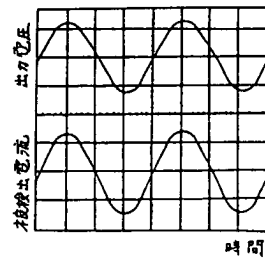
第5図



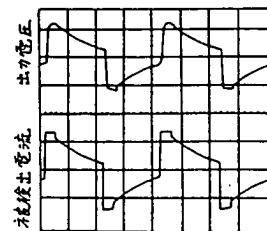
第6図



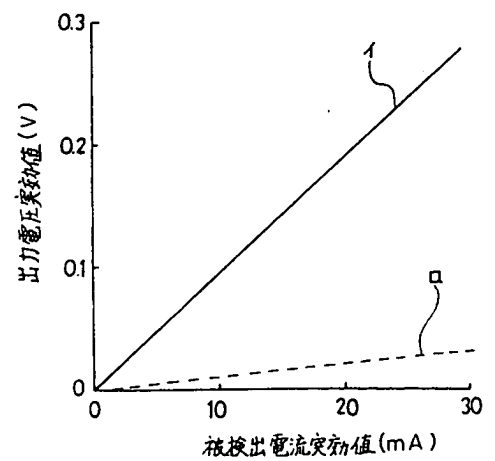
第7図



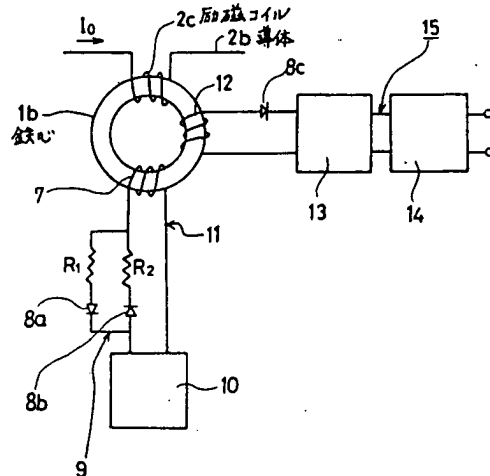
第8図



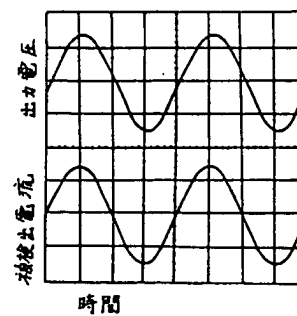
第9図



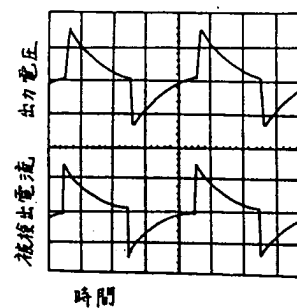
第10図



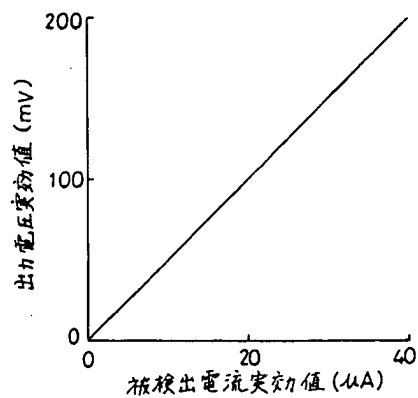
第11図



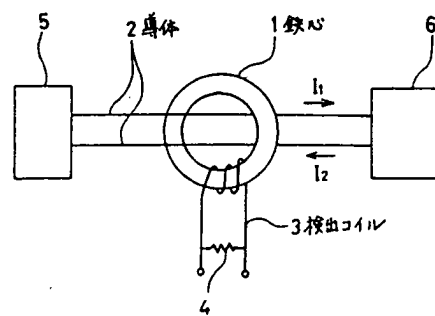
第12図



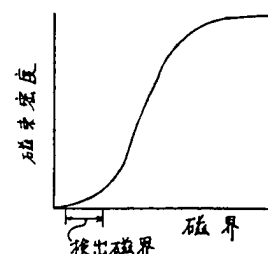
第13図



第14図



第15図



第16図